

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

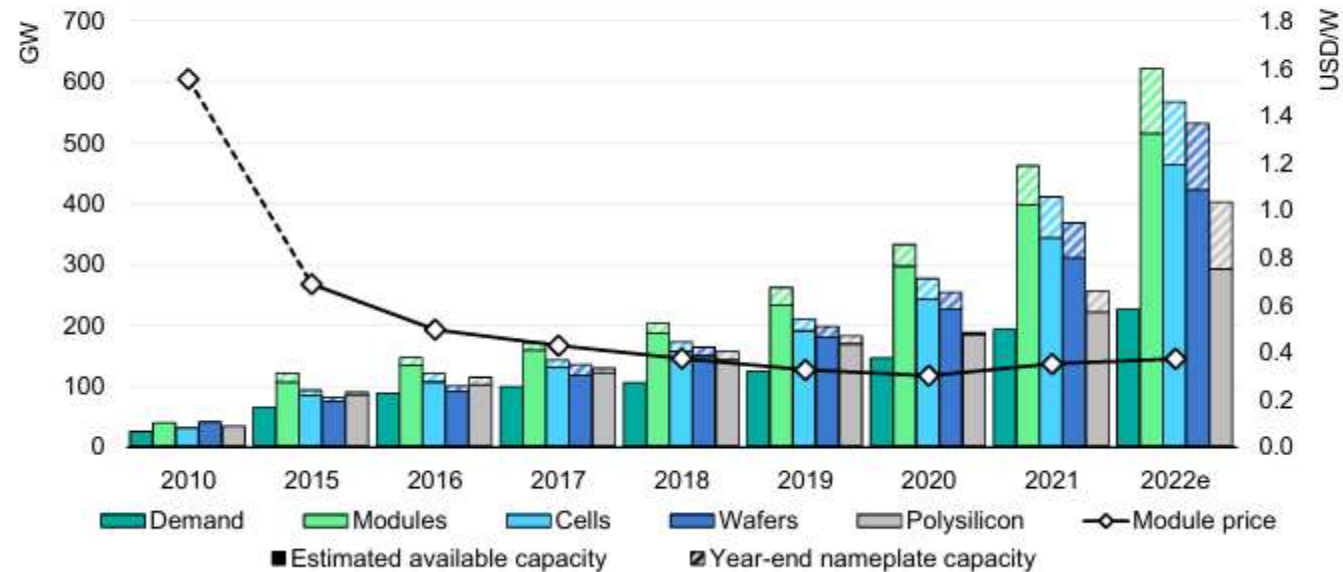
***Relazione per la prova finale
«Riciclo dei pannelli fotovoltaici:
Analisi economica e ambientale»***

Tutor universitario: Prof. Stoppato Anna

Laureando: *Cecchinato Federico*

Padova, 14/11/2024

Global PV manufacturing capacity, demand and average module selling price, 2010-2022

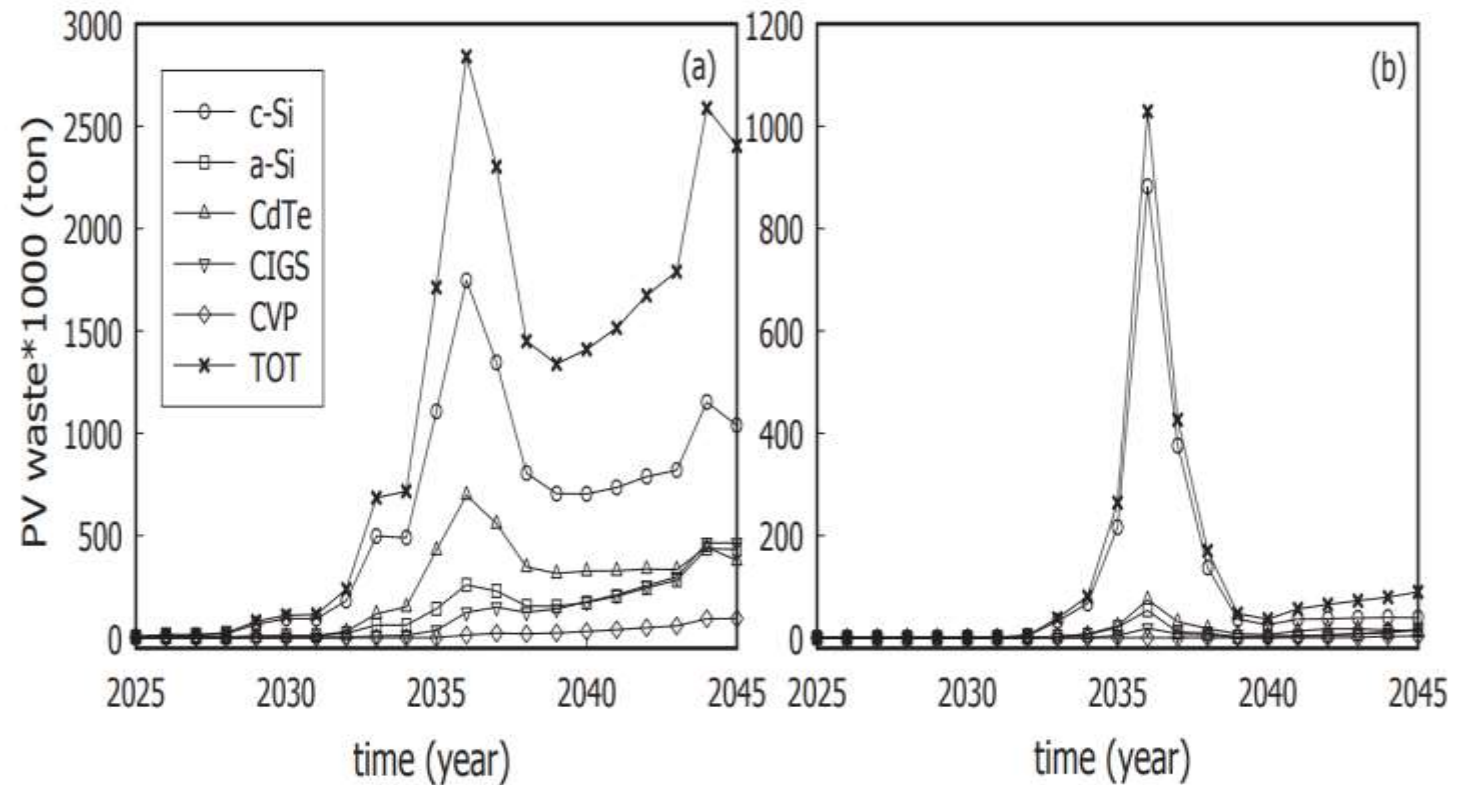


IEA. All rights reserved.

La domanda dei pannelli fotovoltaici è decuplicata negli ultimi 15 anni, ma la capacità di produzione è cresciuta ancora di più, abbattendo i costi tramite l'economia di scala e migliorando le tecnologie utilizzate nei processi produttivi.

Gli incentivi statali hanno svolto un ruolo cruciale nella spinta alla loro diffusione e, per quanto riguarda l'Italia, sono i seguenti:

- Il Superbonus 110%
- Parco Agrisolare
- Bonus Ristrutturazioni Edilizie
- Conto Energia
- Scambio sul Posto



Enel Distribuzione stima che nel 2050 l'Italia dovrà gestire 2.100.000 tonnellate di pannelli fotovoltaici

Il percorso di un pannello fotovoltaico a fine vita si può riassumere nei seguenti passaggi:

- Raccolta nei centri di raccolta comunali da parte del consumatore o dei Sistemi collettivi
- Trasporto nei centri di trattamento
- Trattamento in appositi centri per preparare i pannelli al riciclo
- Riciclo nei centri ritenuti idonei da parte del GSE

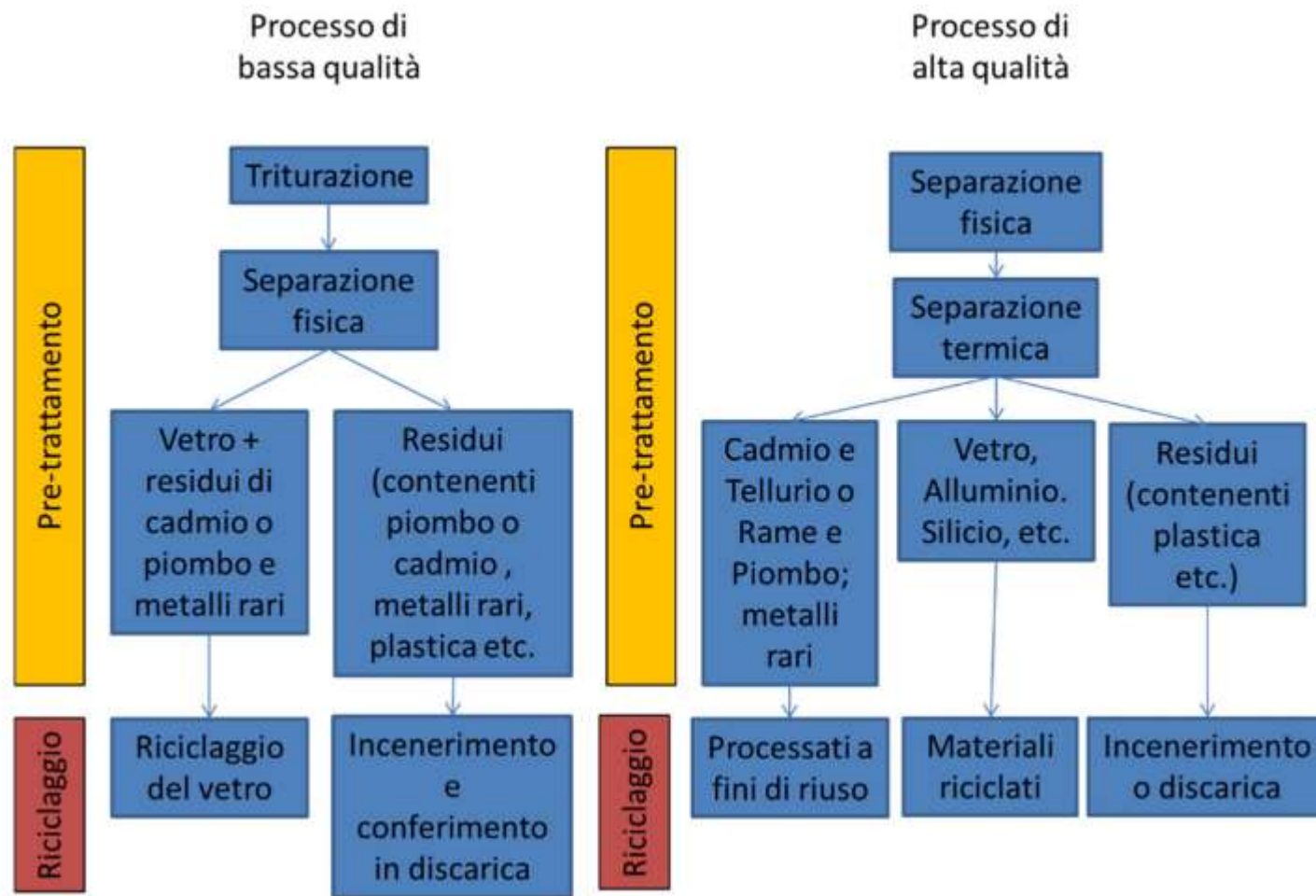
Le componenti dei pannelli fotovoltaici che sono presenti nella maggior parte dei modelli sono i seguenti:

- Base d'appoggio
- Etilen Vinil Acetato (EVA)
- Cella fotovoltaica
- Vetro temprato
- Cornice d'alluminio anodizzato
- Scatola di giunzione
- Backsheet conduttivo



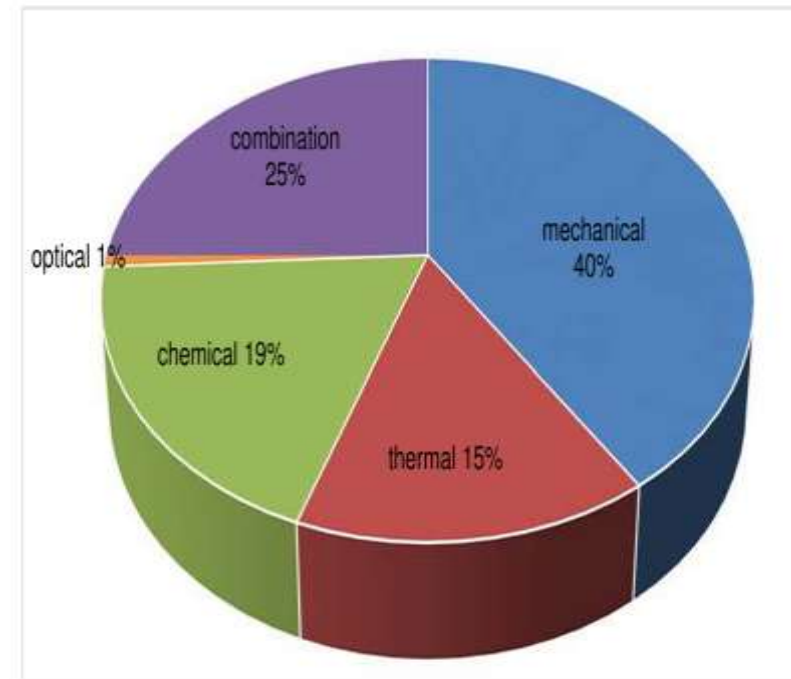
Processi di alta qualità:
Riciclano alte percentuali dei
metalli contenuti nei pannelli

Processi di bassa qualità:
Riciclano soltanto il vetro e la
cornice di alluminio



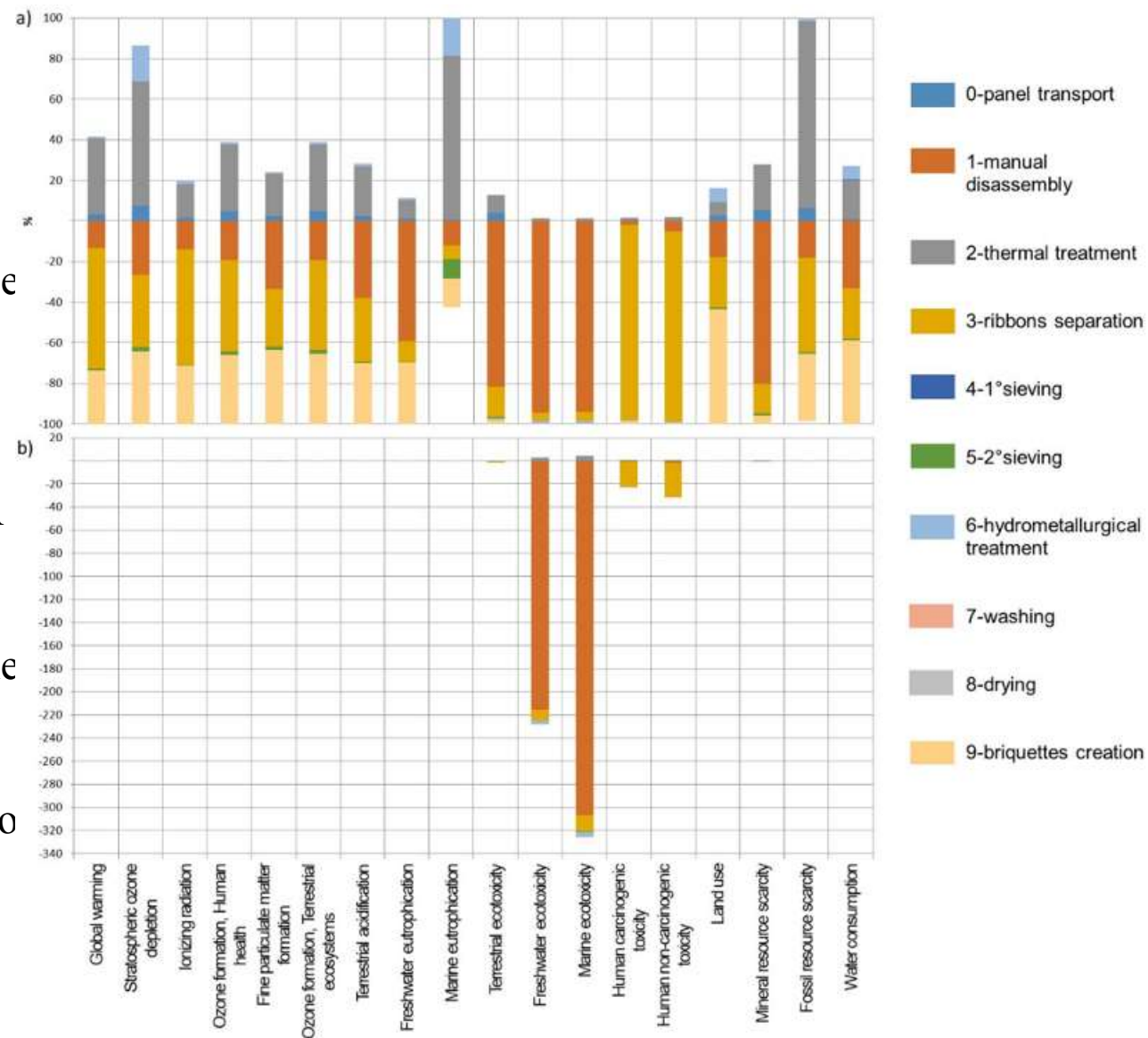
Le principali tecniche di riciclo si dividono per tipologia:

- Processo Fisico: triturazione, smantellamento, frantumazione
- Processo Termico: pirolisi volta all'eliminazione dell'EVA
- Processo Chimico: lisciviazione acida per il recupero dei metalli



Un esempio di un processo di riciclo è il seguente:

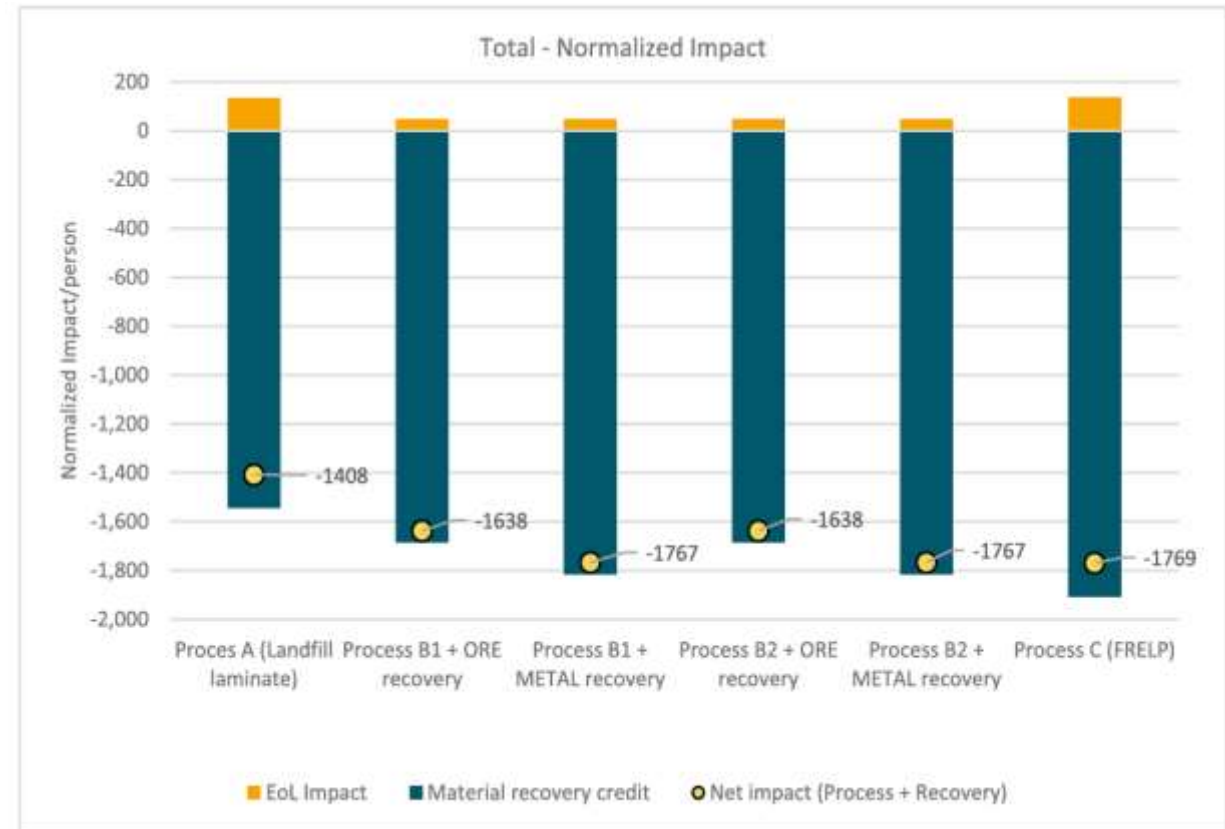
1. Il trasporto dei pannelli fino al sito di riciclaggio
2. La separazione manuale della scatola di giunzione e della cornice di alluminio
3. Frantumazione meccanica
4. Il trattamento termico per bruciare lo strato di EVA
5. La separazione dei contatti elettrici tra le celle
6. Setacciamento delle polveri di vetro e silicio che vengono successivamente smaltite
7. Secondo setacciamento dove viene separato il vetro dal resto dei materiali



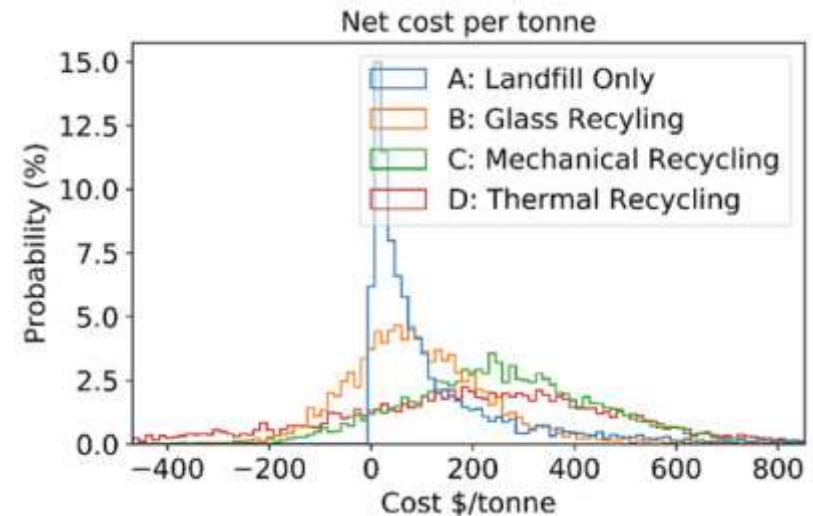
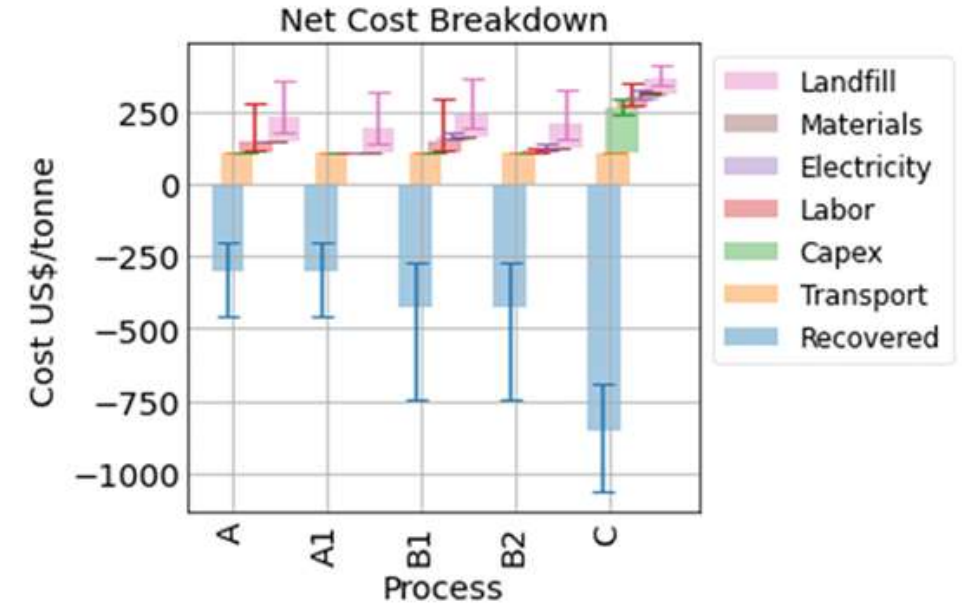
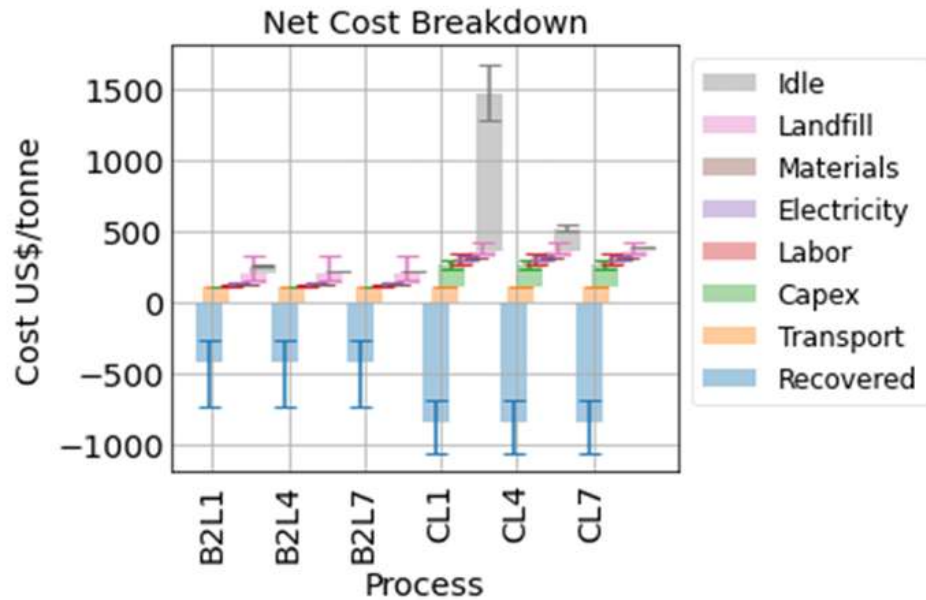
7. Trattamento idrometallurgico (lisciviazione acida) per il recupero dell'argento e dell'alluminio
8. Lavaggio delle celle
9. Asciugatura delle celle
10. Spedizione delle celle ad una compagnia che ne fa pellet per usarlo come additivo nella produzione di alluminio

I vantaggi ambientali per questo tipo di processo sono innegabili.

I processi di alta qualità sono preferibili rispetto ai processi di bassa qualità in termini ambientali.



I risultati delle analisi economiche condotte sui processi comparati in precedenza mostra come il caso C sia il processo preferibile in termini economici con aumenti dei ricavi maggiori degli aumenti dei costi ma ha bisogno di un'elevata economia di scala per essere sostenibile



Per trovare soluzioni al problema del riciclo dei pannelli fotovoltaici che si ingigantirà nei prossimi anni bisognerebbe indagare possibili scenari:

- Incentivare maggiormente il riciclo al fine di creare un'economia circolare attorno ai materiali di cui sono composti i pannelli
- Incentivi per favorire la logistica del trasporto e favorire la creazione di «Smart grid»
- Ottimizzare l'efficienza dei processi di riciclo esistenti e svilupparne di alternativi
- Cercare di creare un mercato di seconda mano per pannelli dismessi dopo pochi anni di utilizzo
- Sviluppare i pannelli fotovoltaici in funzione del riciclo

Dopo aver visto lo stato dell'arte per quanto riguarda il settore degli impianti di riciclaggio dei pannelli fotovoltaici, risulta chiaro che il riciclo è indispensabile al fine di evitare un grosso impatto ambientale e che al momento non sia economicamente conveniente. Tuttavia, le tecnologie esistono, e data la futura necessità del trattamento dei pannelli fotovoltaici a fine vita, l'economia di scala e la ricerca renderanno economicamente sostenibile anche questo settore garantendo conseguentemente la sostenibilità ambientale dei pannelli solari.